Kor. J. Food Hygiene 2(1), 21—27 (1987)

방사선 조사와 Ethylene oxide 처리가 건조수산가공품(건새우, 건멸치)의 품질에 미치는 영향

조한옥 · 변명우 · 권중호 · 이재원
한국에너지연구소, 식품조사연구실

Effects of Gamma Irradiation and Ethylene Oxide Fumigation on the Quality of Dried Marine Products(Shrimp, Anchovy)

H.O. Cho, M.W. Byun, J.H. Kwon and J.W. Lee
Food Irradiation Division, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul 131, Korea

ABSTRACT-Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide treatment on the sterilization, and physicochemical and sensory quality of dried marine products(shrimp, anchovy) were investigated. Population of mesophilic total bacteria, aerobic spores and tolerant bacteria of samples were 10^3 to 10^7/g, 10^2 to 10^4/g and 10^2 to 10^6/g, respectively. Coliforms and molds were found only in dried shrimp as 10^2/g. Mesophilic total bacteria, aerobic spores and acid tolerant bacteria were reduced by over 2 to 4 log cycles with irradiation of 5 to 7 kGy and they were completely sterilized by irradiation dose of 7 to 10 kGy. D_{10} value of mesophilic total bacteria of samples ranged from 1.53 to 2.73 kGy. Coliforms and molds were sterilized at 5 to 7 kGy irradiation but ethylene oxide treatment proved insufficient to eliminate the microorgainsms. An optimum dose of irradiation was less detrimental than ethylene oxide treatment to physicochemical properties of the samples, such as the pH, TBA value, TMA-N, amino acids, minerals and color difference. Sensory quality after three months of storage showed that the overall acceptability of irradiated sample was higher than that of the nontreated control as well as ethylene oxide treated samples.

Keywords □ Ethylene oxide, Gamma irradiation, Shrimp, Anchovy, Mesophilic total bacteria, Aerobic spores, Acid tolerant bacteria, Coliforms, Molds, TBA-value, TMA-N, pH, Sensory quality.

주거생활의 변화와 식습관의 변천에 부응하기 위하여 간편식품이나 편의식품은 다양화와 대량생산 추세에 있으며, 水產乾燥加工品도 이들 加工食品의 原料로 사용량이 매년 증가되고 있다. 이들은 건조, 저장, 가공도중에 불량한 기후조건과 취급으로 미생물이 높게 오염되어, 水產乾燥加工品의 위생적 유통과 식품공업의 안전성을 위하여 살균처리를 필요로 하게된다. 저자 등[1-4]은 향신료 및 분말식품의 殺菌, 殺虫을 위해 현행 방법인 훈증처리(ethylene oxide gas)와 방사선 照射와의 殺菌效果 및 品質에 미치는 特性시험에서 방사선 照射의 우수함을 밝힌 바 있고, FDA, FAO/IAEA/WHO 등 국제기관에서 食品照射의 健全性과 經濟的 타당성을 공인하였으며, 化學藥品의 대체방법으로 放射線 照射를 권장하고 있다[5-6]. 따라서 본 연구는 국내에서도 6 월경에는 商業的 食品照射 施設이 가동될 전망에 있어서 식품의 위생적 유통과 식품공업의 안정화를 위해, 건조수산가공품 중 생산 및 소비량이 많은 乾새우와 乾멸치를 대상으로 放射線 照射와 훈증처리와의 오염 미생물 살균효과 및 품질에 관련된 이화학적 특성을 비교 검토하였다.

Received for publication 4 March; 1987
Reprint requests; Dr. H.O. Cho at the above address

재료 및 방법

시료—본 실험에 사용된 건조새우 2 종류와 건조멸치는 노량진 수산시장에서 1986년 3 월 구입후 70 mesh 정도로 마쇄하여 실험에 사용하였다.

살균처리 및 저장—放射線 照射는 각 시료를 polyethylene 주머니에 100g씩 포장한 후 선원 1만 Ci의 Co-60 감마선 照射시설을 이용, 시간당 400 Gy의 선량율로 3, 5, 7, 10 kGy를 照射하였다. 훈증처리는 전문업체(T gas 화학)에 의뢰하여 前報[7]와 동일한 조건으로 처리하였으며, 살균처리된 각 시료는 無처리군과 함께 실온에서 3 개월 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 검사—중온성 전세균은 APHA 표준방법[8], 중온호기성 포자균은 시료 현탁액 10 m*l*를 멸균시험관에 옮겨 80℃ 수욕조에서 10분간 가열처리 후 냉각수로 냉각한 후 중온성 전세균과 동일한 방법으로 시험하였으며[9], 내산성세균은 tomato juice agar(Difco Lab.)를 사용하여 plate method로 측정하였다[9]. 곰팡이류는 MYG-chloramphenicol agar를, 내삼투압성 곰팡이는 15%-NaCl-malt agar를 사용하여 30℃에서 5~7일간 배양한 후 계수하였다[10]. 대장균군은 desoxycholate agar(Difco Lab.)를 사용 plate method로 37℃에서 1~2일간 배양하여 적색의 집락을 계수하였다[11]. 각 검사는 3 반복으로 수행되었다.

일반성분 및 pH—시료의 수분, 조지방, 조단백, 회분 및 전당정량은 AOAC 방법[12]에 따랐으며, pH는 시료 5g을 탈이온수 25 m*l*에 잘 혼합한 뒤 원심분리하여 상등액을 pH meter(Corning model 5)로서 3 회 반복 측정하였다.

TBA價 측정—지방질 성분의 산패도를 측정하기 위해 Turner 방법[13]에 준하여 시료 Kg당 malonaldehyde 량(mg)으로 나타내었다.

TMA-N 측정—Trimethylamine의 함량은 Murray & Gibson의 방법[14]에 따라 비색정량하였다.

아미노산의 정량—6N-HCl로 산 가수분해 시킨 뒤 아미노산 자동분석기(Hitachi model 835)로 총 아미노산을 정량하였다.

무기질의 정량—습식법[15]에 따라 전처리한 뒤 원자흡광분석기(Instrumental Lab. Inc. model 457)를 사용하여 정량하였다.

색도측정—살균처리된 분말자체를 사용하여 저장직후와 실온에서 3 개월 저장후에 color & color difference meter (Model ND-1001 DP)에 의해 명도(L 값), 적색도(a 값), 황색도(b값) 및 색차(ΔE)를 각각 측정하였다.

관능검사—시료의 無처리군, 5 kGy 및 10 kGy 照射군과 ethylene oxide 훈증처리군을 대상으로 저장 3 개월 후 각 시료 고유의 풍미와 외관에 대한 전반적인 기호성을 순위법[16]에 따라 실시하고, 검사 결과는 분산분석과 Duncan의 다범위 검정에 의해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

시료의 미생물 오염—Table 1은 본 실험에 사용된 乾새우(2 종)와 乾멸치의 각종 미생물 오염도를 나타낸 것이다. 乾紅새우가 가장 높은 오염도를 나타냈고, 중온성 전세균, 내열성세균, 내산성세균이 각각 10^3~10^7/g, 10~10^4/g, 10^2-10^6/g 정도 혼입되었다. 또한 곰팡이류(내삼투압성 곰팡이 포

Table 1. Distribution of microorganisms in dried marine products.

Products	MTC*	MAS*	ATB*	FC*	OSM*	Coli*
Shrimp powder (W)	3.6×10^5	3.3×10^4	3.2×10^5	2.0×10^2	9.7×10	1.2×10^2
Shrimp powder (R)	4.0×10^7	2.0×10^2	4.6×10^6	7.1×10^2	1.1×10	6.4×10^2
Anchovy powder	1.7×10^3	2.1×10^2	2.0×10^2	–	–	–

(Number of viable cells/g)
*MTC: Mesophilic total count, MAS: Mesophilic aerobic spores, ATB: Acid tolerant bacteria FC: Fungi, OSM: Osmophilic mold, Coli: Coliform group.

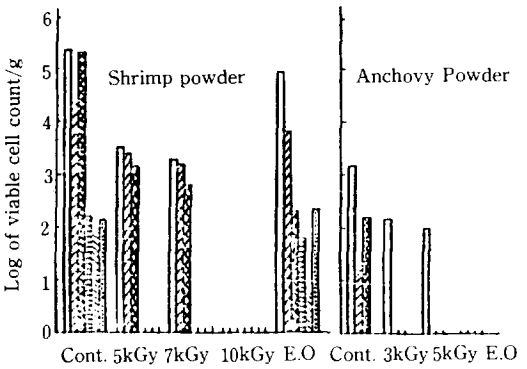

Fig.1. Comparative effects of ethylene oxide(E. O) and gamma irradiation on the microflora of shrimp and anchovy powder.
Mesophilic total count, Mesophilic aerobic spores, Acid tolerant bacteria, Fungi, Osmophilic mold, Coliform.

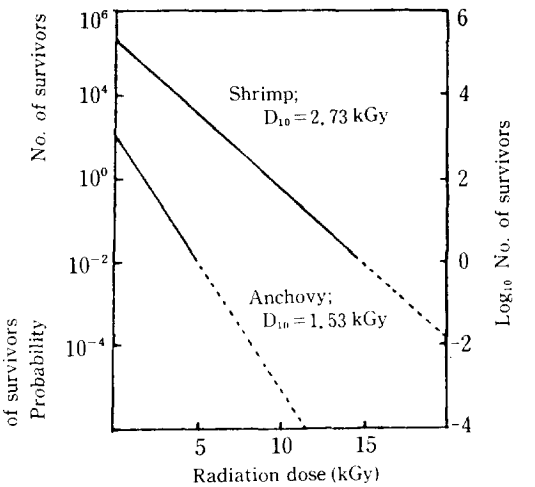

Fig.2. Idealized dose/log survival curve for a population of microorganisms or dried marine products.

함)와 대장균군도 乾새우에서 10^2/g 이상 오염되었다. 이와 같이 건조수산품의 높은 미생물 오염은 아직 국내의 수산물 건조, 가공, 저장 등이 비위생적인 환경조건의 영세성을 벗어나지 못함이 그 원인으로, 식품가공의 원료로 사용시 살균처리를 필요로 한다.

미생물의 살균효과 비교—Fig.1은 放射線 照射와 훈증처리와의 오염 미생물 살균효과를 비교한 결과이며, Fig.2는 이들에 오염된 전세균의 방사선 감수성을 D_{10}값(미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 照射線量)으로 나타낸 것이다. 乾새우의 경우 중온성 전세균, 내열성균, 내산성세균이 5~7 kGy의 放射線 照射로 2-4 log cycles 정도의 격감을 보였고, 완전살균을 위해서는 10 kGy 정도의 線量이 요구되며 이들의 D_{10}값은 2.73 kGy 였다. 한편 곰팡이 및 대장균군은 방사선 감수성이 높아서 5 kGy 照射로도 完全死滅되었다. 반면에 ethylene oxide에 의한 훈증처리로서는 全微生物의 살균이 아주 불충분하였다. 乾멸치에서는 초기의 미생물 오염도가 낮아 5~7 kGy 정도의 照射로써 대부분 살균되었고, 이들 全細菌에 대한 D_{10}값은 1.53 kGy로 비교적 낮은 線量이였다. 이와 같은 결과는 前報[7]의 乾홍합 및 조개살의 살균효과 비교에서나, Vajdi 등[17]과 저자 등[2,3,4,7]의 향신료 및 분말식품에 대한 ethylene oxide 처리와 放射線 照射와의 살균효과 비교에서 방사선 殺菌의 우수함과 適正照射線量이 거의 일치하였다.

이화학적 특성변화—실험에 사용된 두 시료의 수분 함량은 5.5% 정도였고, 조단백질이 50~60% 內外로 단백질 급원 식품임을 알 수 있다.

Table 3은 살균처리 직후의 실온에서 3 개월 저장 후 TBA 價와 pH의 변화를 나타낸 것으로 TBA 價는 照射線量의 증가와 ethylene oxide 처리로써 조금씩 높은 값을 나타내었으며 3 개월 저장 후에는 전반적으로 지방질 성분의 酸敗에 따른 malonaldehyde의 생성량이 증가하였으며, 이와

Table 2. Proximate component of dried marine products.

Items	Components (%)					
	Moisture	Ash	Total sugar	Crude fiber	Crude protein	Crude fat
Shrimp powder	5.5	26.4	1.2	0	59.8	5.6
Anchovy powder	5.5	15.7	0.7	0	65.7	10.4

Table 3. Quality changes in powdered Shrimp and Anchovy treated with ethylene oxide(E.O) and gamma irradiation[a].

Treatments	Storage period (month)	TBA (MA mg/kg)		pH	
		Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy
Control	0	8.61	17.89	7.12	6.87
	3	11.90	31.54	7.15	6.95
5 kGy	0	9.29	18.05	7.12	6.85
	3	11.00	30.37	7.13	6.78
10 kGy	0	10.34	19.40	7.14	6.84
	3	11.53	31.87	7.20	6.85
E.O.	0	9.27	19.20	7.15	6.89
	3	12.10	32.82	7.18	6.85

[a]The value is the mean of triplicate experiments and is expressed on the basis of dry weight

같은 현상은 乾새우에 비해 乾멸치가, 放射線 照射군에 비해 無처리군 및 ethylene oxide 처리군이 더 심하였다. 이러한 결과는 저자 등[7]과 Savagaon 등[18]의 연구결과와 일치하였다. pH 변화에 있어서는 저장기간의 경과로 다소 증가된 것 외에는 별다른 변화가 없었다.

TMA-N 함량의 변화는 Fig.3과 같이 저장기간의 경과에 따라 적정線量의 감마선이 照射된 시료에 있어서는 無처리 및 ethylene oxide 처리군에 비해 trimethylamine의 함량이 낮은 값을 보여 시료의 미생물 및 기타 효소 등에 의한 변질이 억제되었음을 나타낸다.

Table 4는 시료의 총 아미노산에 대한 살균처리의 영향을 비교한 것으로서 두 시료 모두 총 16종의 아미노산이 검토되었고 glutamic acid, aspar-

Table 4. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide(E.O) fumigation on the amino acid content of shrimp and anchovy powder[a]

Amino acid	Treatments							
	Control		5 kGy[b]		10 kGy		E.O.[c]	
	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy
Aspartic acid	4.28	4.10	4.15	4.02	4.00	4.37	3.93	4.48
Threonine	1.34	1.33	1.31	1.30	1.24	1.41	1.23	1.49
Serine	1.87	1.69	1.80	1.68	1.70	1.81	1.67	1.79
Glutamic acid	5.62	5.17	5.49	5.09	5.22	5.49	5.05	5.34
Glycine	4.33	2.21	4.14	2.20	4.02	2.33	3.83	2.42
Alanine	2.82	2.67	2.75	2.74	2.65	2.84	2.53	2.74
Valine	1.30	1.22	1.27	1.09	1.21	1.25	1.15	1.32
Methionine	1.07	1.17	1.04	1.20	1.02	1.25	0.92	1.12
Isoleucine	2.21	0.86	2.17	0.88	2.11	0.89	2.08	0.95
Leucine	2.57	2.52	2.85	2.54	2.69	2.69	2.58	2.73
Tyrosine	1.25	1.04	1.14	1.13	1.17	1.13	1.15	1.12
Phenylalanine	1.97	1.87	1.92	1.85	1.79	2.00	1.70	1.85
Lysine	2.55	2.72	2.47	2.81	2.38	2.89	2.29	2.85
NH	0.42	0.41	0.41	0.43	0.39	0.43	0.37	0.43
Histidine	0.57	1.20	0.56	1.24	0.53	1.26	0.38	0.81
Arginine	3.25	1.95	3.09	1.88	2.97	2.01	2.83	2.11
Proline	4.24	2.58	3.99	2.96	3.99	2.62	4.30	2.70
Total	41.66	34.71	40.55	35.04	39.08	36.67	37.99	36.25

[a]Total amino acid content is expressed as the percentage on the basis of dry weight
[b]The unit used to measure an absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[c]Treatment conditions are given in the text

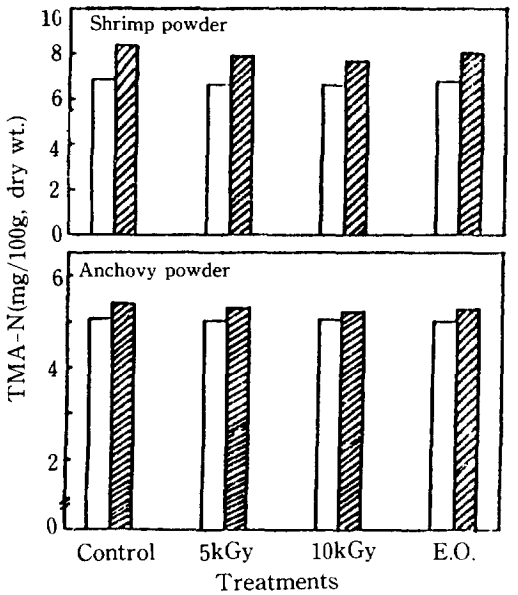

Fig.3. Comparative effects of ethylene oxide(E.O) and gamma irradiation on the trimethylamine-nitrogen content of powdered shrimp and anchovy.

□: Immediately after treatments
▨: After 3 months of storage
The value is the mean of triplicate experiments, kGy is a unit used to measure an absorbed dose of radiation and E.O. treatment conditions are given in the text.

tic acid, alanine의 순으로 높은 함량을 보였으며, 살균처리로 放射線 照射군은 無처리군에 비해 다소의 증감을 보였으나 큰 영향은 없었고, ethylene oxide 처리군에서는 5-6% 감소를 보였다. 이러한 결과는 저자 등[7]과 Ford[19]의 실험결과와 일치하였다.

Table 5는 두 시료의 무기질성분에 대한 살균처리의 영향을 나타낸 것으로서 Na, Ca, K이 높은 함량을 나타내었고 살균처리에 따른 변화는 유의적인 차이가 없었다.

색도 및 관능적 품질—Table 6은 살균처리 직후의 저장 3 개월 후의 살균방법에 따른 시료의 색도 변화를 측정한 것이다. 전반적으로 살균처리와 저장기간의 경과에 따라 시료의 명도가 저하되고 황색도와 적색도가 증가되는 경향으로 특히 ethylene oxide 처리군이 그 변화가 더 심하였다. 이러한 결과는 저자 등[3,7]과 Vajdi[17]등의 실험결과와 일치하는 것이다.

Table 7은 살균처리 후 실온에서 3 개월 저장된 시료의 전반적인 기호성을 관능검사한 결과로서 두 시료 모두 放射線 照射군이 가장 좋은 선호도를 보였고, 분산분석 결과 1% 수준에서 유의적인 차이가 인정되어, 각 시료의 처리군별 유의차를 알아보기 위해 Duncan의 다범위 검정을 실시한 결과 5 kGy 및 10 kGy 照射군이 ethylene oxide 처리와 無처리군과의 유의적인 기호도의 차이($p<0.$

Table 5. Comparative effects of ethylene oxide(E.O) and gamma irradiation on the mineral content of Shrimp and Anchovy powder[a]

(unit: mg/100 g, dry wt.)

Mineral	Treatments					
	Control		10 kGy		E. O	
	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy
Na	880. 1	2063. 0	878. 8	2050. 0	875. 6	2038. 0
K	745. 3	714. 3	746. 0	714. 0	744. 4	714. 1
Ca	1090. 0	677. 2	1085. 0	678. 6	1090. 0	679. 4
Mg	295. 4	222. 2	296. 1	219. 8	295. 6	220. 1
Cu	1. 9	0. 6	1. 9	0. 6	1. 9	0. 6
Fe	409. 2	359. 8	410. 0	359. 6	410. 0	359. 6
Zn	16. 3	16. 7	16. 0	16. 1	15. 3	15. 8

[a]Minerals were analyzed with A.A. immediately after treatments and each value is the mean of triplicate experiments

Table 6. Comparative effects of ethylene oxide(E.O) and gamma irradiation on the color of shrimp and anchovy powders[a].

Treatments	Lightness (L)		Redness (a)		Yellowness (b)		Color difference (E)	
	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy	Shrimp	Anchovy
Control	63.4 (59.5)[b]	54.2 (47.3)	5.5 (4.9)	7.5 (7.8)	15.6 (15.4)	20.0 (18.5)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
5 kGy	64.1 (58.4)	55.3 (47.6)	5.4 (5.4)	6.7 (8.2)	16.1 (15.9)	20.1 (19.0)	0.8 (1.3)	1.3 (0.8)
10 kGy	62.9 (56.8)	55.7 (47.9)	6.1 (6.5)	6.1 (8.2)	16.4 (17.0)	19.9 (19.0)	1.0 (3.5)	2.0 (0.8)
E. O.	63.1 (59.1)	50.7 (44.5)	5.6 (4.9)	8.8 (9.0)	16.2 (15.1)	20.1 (18.6)	0.5 (0.5)	3.7 (3.0)

[a]Sample was stored at room temperature
[b]Number in parenthesis designates the value of three months of storage

Table 7. The results of sensory evaluation for the overall acceptability of powdered shrimp and anchovy with ethylene oxide(E.O) and gamma irradiation by ranking difference analysis[a]

Items	Treatments			
	Control	5 kGy	10 kGy	E. O.
Shrimp powder* [b]	−6.91	4.12	1.83	0.86
Anchovy powder*	0.13	4.72	2.06	−6.91

[a] After 3 months storage at ambient temperature
* F-value ($p<0.01$)
[b] —Duncan's multiple range test ($p<0.01$)

01)를 보여 풍미와 외관적 품질에 있어서 기호성이 높음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 시료의 이화학적 특성 실험에서 나타난 살균처리군별 주요성분의 변화 등과 고려해 볼때 유사한 경향임을 알 수 있다.

국문 요약

건조수산가공품의 새로운 살균, 저장법의 개발을 목적으로 건새우 및 건멸치 분말의 현행 살균방법인 ethylene oxide에 의한 훈증처리와 放射線 照射처의 미생물 살균효과 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다. 시료의 미생물 오염은 중온성 전세균이 10^3-10^7/g, 내열성 세균이 10^2~10^4/g, 내산성 세균이 10^2-10^6/g 정도였고, 내삼투압성 곰팡이를 포함한 곰팡이류와 대장균군도 乾새우에서 10^2/g 이상 오염되었다. 살균효과 실험에서 중온성 전세균, 내열성 세균 및 내산성 세균은 5~7 kGy 照射로 2-4 log cycles 정도 격감되었고, 7-10 kGy 照射로서 허용한계 이하로 살균되었으며, 이들의 D_{10}값은 1.53~2.73 kGy 였다. 곰팡이와 대장균군은 5~7 kGy 照射로 완전 사멸되었다. 한편 ethylene oxide 처리는 전 미생물의 살균이 불충분 하였다. 이화학적 특성 즉 TBA가, TMA-N 함량, 아미노산, 무기질, 색도는 적정선량의 照射로는 無처리군과 거의 차이가 없었으나 ethylene oxide 처리군은 심한 품질의 변화를 보였다. 실온에서 3 개월 저장 후 관능적 품질평가에서도 감마선 照射군이 ethylene oxide 처리 및 無처리군 보다 우수하게 나타났다.

참고문헌

1. Byun. M.W.: Radurization and radicidation of spices. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **17**, 311(1985).
2. Cho, H.O., Byun, M.W., Kwon, J.H., and Lee, J.W.: Comparative effects of ethylene oxide and irradiation treatment on the sterilization of spices. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 283(1986).
3. Byun, M.W., Kwon, J.H., Lee, J.W., and Cho, H.O.: Evaluation of sensory quality in spices treated with ethylene oxide and ionizing radiation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 427(1986).
4. Byun, M.W., Kwon, J.H., and Cho, H.O.: Sterilization and storage of onion powder by irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 47(1984).
5. IAEA: Updated list of clearances for irradiated foods in member states. *Food Irradiation Newsletter*, **9**, 29(1985).
6. 原子力産業新聞(日本) : 第 1337號, 1986年 5 月 29日字.
7. Cho, H.O., Byun, M.W., Kwon, J.H., Yang, J.S., and Lee, J.W.: Microbiological and physicochemical properties of dried fishery treated with ethylene oxide and gamma irradiation. *Kor. J. Food Hygiene*, **1**, 39(1986).
8. American Public Health Association(APHA): Standard Method for the Examination of Dairy Products, 14th ed., New York (1978).
9. Frazier, W.C., and Foster, E.M.: Laboratory Manual for Food Microbiology, 3rd ed., Burgess Publishing Company, U.S.A.(1961).
10. Muhamad, L.J., Ito, H., Watanabe, H., and Tamura, N.: Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 347 (1986).
11. 서울특별시 보건연구소 : 병원 미생물 검사요원 교재, p.18 (1976).
12. A.O.A.C.: Official Method of Analysis, 13th. ed., Assoc. of Offic. Agr. Chemist., Washington, D.C., (1980).
13. Turmer, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M., and Olson, F.C.: Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol.*, **8**, 326 (1954).
14. Murray, C.K., and Gibson, D.M.: An investigation of the method of determing trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salt. *J. Food Tech.*, **7**, 35(1972).
15. Osborne, D.R., and Voogt, P.: The Analysis of Nutrients in Foods, Academic Press, New York, p.166 (1981).
16. Larmond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food, Canada Dept. of Agriculture, Publication 1284, p.24 (1973).
17. Vajdi, M., and Pereira, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893 (1973).
18. Savagaon, K.A., Venugopal, V., Kamat, S. V., Kumta, U.S., and Saeenivasan, A.: Radiation preservation of tropical shrimp for ambient temp. storage. *J. of Food Sci.*, **37**, 148(1972).
19. Ford, D.J.: Influence of irradiation on protein and amino acids in laboratory rodent diet. Decontamination of Animal Feeds by Irradiation, IAEA, Vienna, p.69 (1973).